

127

# Circular Técnica

Pelotas, RS  
Dezembro, 2011

## Autores

**Maria Laura Turino Mattos,**  
Engenheira-agrônoma, D.Sc.  
em Ciência do Solo,  
Pesquisadora da Embrapa Clima  
Temperado,  
Pelotas, RS,  
maria.laura@cpact.embrapa.br

**André Andres,**  
Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Matologia,  
Pesquisador da Embrapa Clima Temperado,  
Pelotas, RS,  
andre.andres@cpact.embrapa.br

**José Francisco da Silva Martins,**  
Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Entomologia,  
Pesquisador da Embrapa Clima Temperado,  
Pelotas, RS,  
jose.martins@cpact.embrapa.br

## Dissipação dos Herbicidas Imazetapir e Imazapique na Lavoura de Arroz Irrigado

### Introdução

Imazetapir [2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methylethyl)-5-oxo-1H-imidazol-2-yl]-5-ethyl-3-pyridinecarboxylic acid] e imazapique [2-(4,5-dihydro-4-isopropyl-4-methyl-5-oxoimidazol-2-yl)-5-methylnicotinic acid] são herbicidas do grupo das imidazolinonas usados em mistura formulada na pré/pós-emergência e são seletivos para cultivares de arroz tolerantes. Imazetapir é um herbicida com classificação toxicológica III, moderadamente adsorvido no solo, e a sua degradação não é preferencialmente microbiana, apresentando periculosidade para organismos aquáticos e efeitos adversos prolongados no ambiente aquático (EXTOXNET, 2009). Imazapique é um herbicida com classificação toxicológica II, é moderadamente persistente no solo, mas com baixa mobilidade. Na água é solúvel, mas não degrada hidroliticamente, porém, fotodegrada rapidamente pela luz natural com uma meia vida de um a dois dias. Apresenta baixa toxicidade para pássaros e animais, mas é moderadamente tóxico a peixes, não sendo registrado para uso em sistemas aquáticos (WEED, 2009). Estudos, nos Estados Unidos da América, indicaram a persistência dos dois herbicidas em solos de várzea e a probabilidade da ocorrência de toxicidade de ambos a arroz cultivado em sucessão (CURRAN et al., 1992; MILLS; WITT, 1989 ).

No Rio Grande do Sul, foi constatada a persistência do herbicida imazetapir na lâmina de água de arrozal, sendo detectadas, até 40



Foto: Maria Laura Turino Mattos

dias, concentrações residuais nos sistemas de cultivo convencional, plantio direto e pré-germinado (MARCOLIN et al., 2005).

Em Santa Catarina, a avaliação da atividade residual de imazetapir e imazapique, em GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico e Organossolo, em sistema pré-germinado, utilizando plantas de arroz e sorgo como indicadoras, revelou ausência de efeitos negativos no desenvolvimento das culturas nas doses de até duas vezes a dose de referência (NOLDIN et al., 2007).

PINTO et al. (2007) avaliaram a atividade residual de imazetapir + imazapique em PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico e observaram vários efeitos, com  $75 + 25 \text{ g L}^{-1}$  dos ingredientes ativos, aplicados em pós-emergência do arroz, na cultura do sorgo e em cultivares de arroz não transmutadas. Os resultados indicaram que os herbicidas aplicados em mistura podem persistir no solo ao ponto de comprometer o cultivo do sorgo em rotação, avaliados um ano após a aplicação dos herbicidas. Quanto aos efeitos em uma cultivar convencional (IRGA 417), foi observado que a atividade residual dos herbicidas depende da dose, sem haver acúmulo pelo uso em anos contínuos do sistema *Clearfield*.

Considerando a diversificação de respostas dos trabalhos sobre o residual de imazapique + imazetapir em áreas orizícolas, realizou-se esse estudo visando avançar no conhecimento sobre a dissipação dos herbicidas nas matrizes ambientais, solo, água e sedimento, em várzeas subtropicais.

## Características do estudo

O estudo foi realizado na safra 2007/08, na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), em Capão do Leão, RS, sobre um Planossolo Háplico

adotando o delineamento de tratamentos inteiramente casualizados. Os tratamentos consistiram da aplicação de uma formulação comercial concentrado solúvel (SL) contendo  $25 \text{ g L}^{-1} + 75 \text{ g L}^{-1}$  dos ingredientes ativos (i.a.) imazapique + imazetapir, respectivamente, do seguinte modo: ( $T_1$ )  $37,5 + 112,5 \text{ g L}^{-1}$  dos i.a. fracionados em  $18,75 + 56,25 \text{ g L}^{-1}$  i.a. na pré-emergência (PRE) do arroz e mais  $18,75 + 56,25 \text{ g L}^{-1}$  i.a. na pós-emergência (POS), três dias antes da irrigação (DAI); ( $T_2$ )  $25 + 75 \text{ g L}^{-1}$  i.a. na POS do arroz, 3 DAI; ( $T_3$ ) testemunha, sem aplicação de herbicidas.

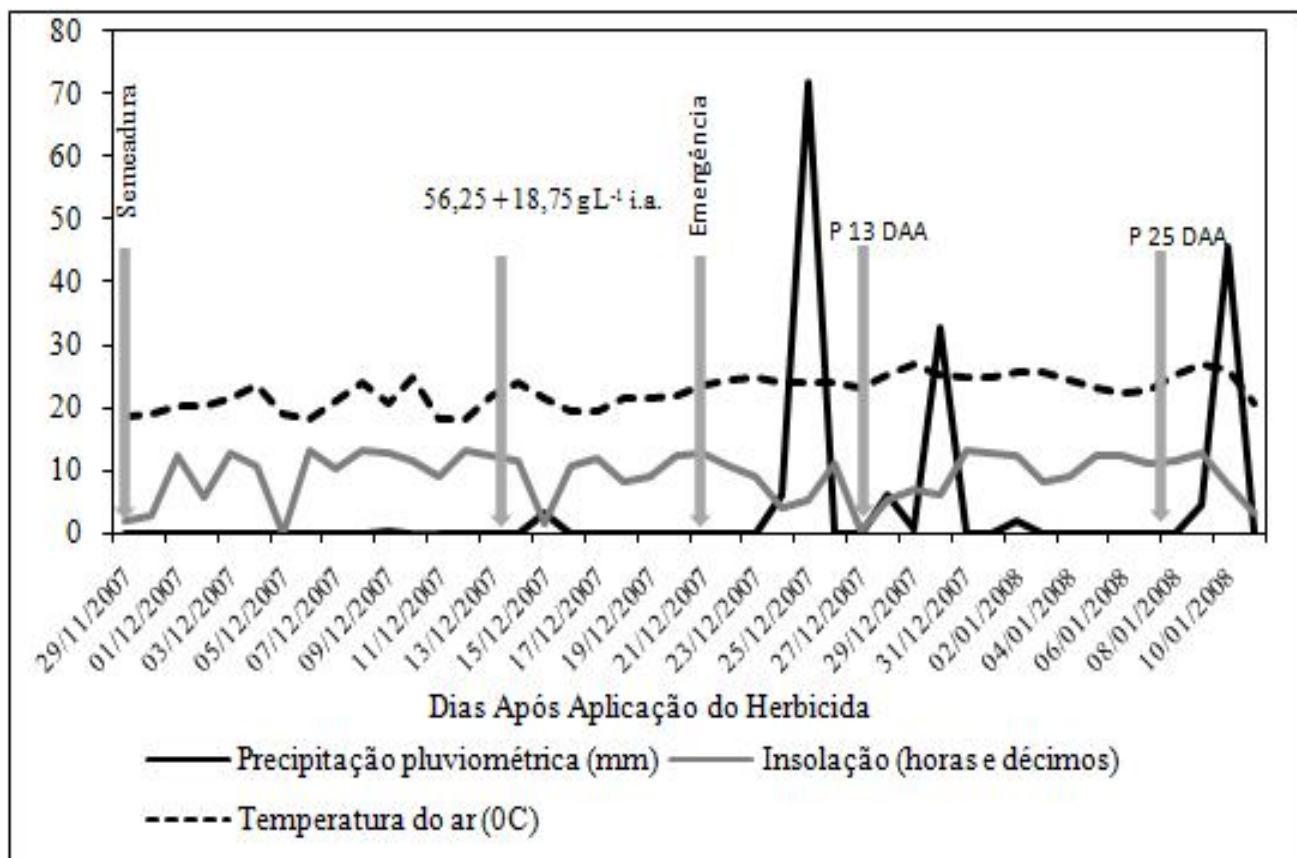
Cada parcela experimental, de  $135 \text{ m}^2$  ( $7,5 \times 18 \text{ m}$ ) conteve um sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente da fonte de captação). A semeadura da linhagem CNA10757 (tolerante aos herbicidas) (densidade de semeadura,  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi realizada em 29 de novembro de 2007, no sistema convencional. Os herbicidas, mais adjuvante ( $300 \text{ mL ha}^{-1}$ ), foram aplicados com um pulverizador costal, pressurizado com  $\text{CO}_2$  e munido de bico tipo leque, num volume de calda de  $250 \text{ L ha}^{-1}$ . A espessura da lâmina d'água foi de 10 cm, até a drenagem. A adubação foi realizada conforme recomendações técnicas, para uma faixa de produtividade  $6,0 - 9,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

As análises qualiquantitativas de resíduos de imazetapir e imazapique foram realizadas em amostras de solo, de água e de sedimento. Cinco amostras compostas por cinco subamostras de solo foram coletadas nas parcelas experimentais, na profundidade de 0-20 cm, num volume de 500g cada, antes da semeadura, 1 dia antes da aplicação do herbicida (1DAA), após cada período de precipitação pluviométrica, correspondendo a 13 e 25 dias após a aplicação do herbicida e, 90 dias após a colheita das parcelas (DAC). Após a inundação, foram coletadas as

amostras de sedimento, na mesma profundidade e volume das amostras de solo, no dia da irrigação (ponto = 0), 1 dia após-irrigação (1DPI), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60 e 90 DPI. Na lâmina d'água das parcelas foram coletadas três amostras compostas d'água, no canal de irrigação (ponto = 0) e a cada nova reposição de água nas parcelas e, cinco amostras compostas d'água, 1 dia pós-irrigação (1DPI), 5, 10, 18, 20, 25, 30, 40, 60 e 90 DPI. As parcelas foram drenadas aos 99 DPI, quando foram coletadas três amostras compostas d'água a cada 30, 60 e 90 minutos após a abertura das mesmas e também na rede de drenagem. As análises de resíduos dos herbicidas foram realizadas no Laboratório Bioensaios Análises e Consultoria Ambiental Ltda, utilizando um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE) acoplado a um espectrômetro massa/massa (LC/MS/MS), modelo *Applied Biosystems 3200 QTrap*. Os limites de quantificação foram  $0,1 \mu\text{g kg}^{-1}$  para os dois ingredientes ativos. Os parâmetros físico-químicos da qualidade da água: sólidos totais, turbidez, condutividade e pH foram analisados no laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental da Embrapa Clima Temperado. Os dados foram submetidos a análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

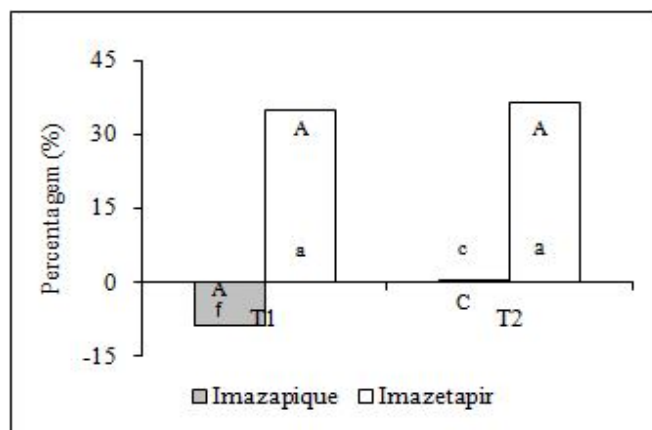
Resíduos de imazapique e imazetapir não foram detectados no solo, 13 e 25 dias após a aplicação de  $18,75 + 56,25 \text{ g L}^{-1}$  i.a. na pré-emergência do arroz ( $T_1$ ), em amostras coletadas após cada período de precipitação pluviométrica (Figura 1), e 90 DAC. Esse comportamento provavelmente se deve à adsorção dos herbicidas ao solo ou níveis traços não detectados pelo método analítico utilizado. A adsorção é um dos fatores mais importantes que controlam a biodisponibilidade de herbicidas no solo e está associado às características químicas da molécula e à composição orgânico-mineral

do solo. Além disso, herbicidas do grupo das imidazolinonas fotodegradam pela ação da luz quando aplicados na superfície dos solos (WEED, 2009) e em situações de baixa precipitação pluviometria, as quais não favorecem a mobilidade dos mesmos para os horizontes mais profundos do solo. Em contraste, CURRAN et al. (1992) e MILLS e WITT (1989) relatam a persistência dos dois ingredientes ativos em solos de várzea, inferindo que nesse ambiente de anaerobiose a dissipação pode ser lenta.



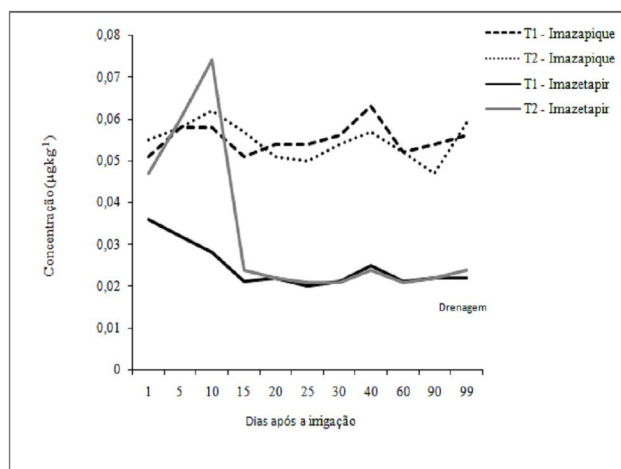
**Figura 1.** Médias diárias da precipitação pluviométrica, insolação e temperatura do ar no período da semeadura (29/11/07), aplicação do herbicida (14/12/07), emergência (21/12/07) e da amostragem do solo (P 13 e 25 DAA). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2011.

Após a irrigação das parcelas, em todos os tempos amostrados, não foram detectados resíduos dos herbicidas no sedimento. Os  $T_1$  e  $T_2$  diferiram significativamente quanto à concentração residual do imazapique na lâmina de água, havendo aumento da concentração no  $T_1$  ao longo da curva (Figura 3), provavelmente em função da dessorção do solo à água. Por outro lado, os  $T_1$  e  $T_2$  não diferiram significativamente quanto às concentrações residuais de imazetapir, sendo a degradação média de 35,8% em ambos os tratamentos (Figura 2). Tanto no  $T_1$  como no  $T_2$ , imazapique diferiu significativamente do imazetapir devido às suas características de comportamento ambiental (EXTOXNET, 2009; WEED, 2009) (Figura 2).



**Figura 2.** Diferença percentual do residual ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) entre  $T_1$  e  $T_2$  para o imazapique (A,C) e imazetapir (A,A), entre imazapique e imazetapir no  $T_1$  (f, a) e entre imazapique e imazetapir no  $T_2$  (a, c). Médias seguidas com letras distintas diferem significativamente pelo teste de Duncan 5%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2011.

Os maiores valores residuais de imazapique ( $0,063 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $0,062 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram detectados aos 40 DAA ( $T_1$ ) e 10 DAA ( $T_2$ ) enquanto os de imazetapir ( $0,036 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $0,074 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a 1 DAA ( $T_1$ ) e 10 DAA ( $T_2$ ), respectivamente (Figura 3). Aos 40 DAA verificou-se, nas parcelas do  $T_1$  e  $T_2$ , um aumento da concentração dos herbicidas, relacionado à elevada temperatura média ( $29,02^\circ\text{C}$ ) da água que aumentou a solubilidade desses. Indicativos quanto à diferença na velocidade de degradação de imazetapir e imazapique na água de irrigação, prospectam que um manejo (fracionamento de doses, época de aplicação e outros) mais adequado da formulação comercial composta pelos dois herbicidas, deve ser definido de acordo com o tempo necessário para maior solubilização de uma das duas moléculas no meio. Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com Marcolin et al. (2005) que também detectou resíduos do herbicida imazetapir na lâmina de água de um arrozal.



**Figura 3.** Dissipação de imazapique e de imazetapir na água de irrigação e de drenagem (99 DPI) do  $T_1$  e  $T_2$ . Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2011.

Os valores máximos e mínimos dos parâmetros físicos de qualidade da água no  $T_1$  e  $T_2$ , durante o processo de dissipação, variaram de: (1) condutividade [ $166,10$  a  $49,90 \text{ m/Scm}$  ( $T_1$ ) e  $155,50$  a  $66,80 \text{ m/Scm}$  ( $T_2$ )]; (2) pH [ $8,52$  a  $6,58$  ( $T_1$ ) e  $8,34$  a  $6,18$  ( $T_2$ )]; (3) sólidos totais [ $439,6$  a  $101,6 \text{ mg L}^{-1}$  ( $T_1$ ) e  $384,0$  a  $101,67 \text{ mg L}^{-1}$  ( $T_2$ )]; (4) turbidez [ $309,67$  a  $8,59 \text{ UNT}$  ( $T_1$ ) e  $503,33$  a  $9,82 \text{ UNT}$  ( $T_2$ )]. Determinados valores de turbidez das águas de irrigação do  $T_1$  e  $T_2$  ultrapassaram o máximo permitido de  $100 \text{ UNT}$ , dificultando a penetração de raios solares e, conseqüentemente, podendo diminuir a fotodegradação na lâmina de água. Futuros estudos são necessários para verificação dessas hipóteses.

Os herbicidas imazapique e imazetapir não apresentaram residual detectado em Planossolo Háplico e sedimentos durante todo o período de cultivo da linhagem CNA 10757 CL e até 90 dias após a colheita. A dissipação de imazetapir na água de irrigação foi de  $35,8\%$  até 99 dias após a aplicação, entretanto resíduos de imazapique não foram dissipados. Estudos adicionais devem abordar a persistência de imazapique e imazetapir sob diferentes condições agroclimáticas e a sua degradação microbiana nas várias classes de solos cultivados com arroz irrigado por inundação.

## Referências

CURRAN, W. C.; LIEBL, R. A.; SIMMONS, F. W. Effects of tillage and application method on clomazone, imazaquin and imazethapyr persistence. **Weed Science**, Ithaca, v. 40, p. 482-489, 1992.

EXTONET. **Imazethapyr**. Disponível em: <<http://www.extonet.orst.edu>>. Acesso em: 20 mai. 2009.

WEED CONTROL METHODS HANDBOOK: **The Nature Conservancy**. Disponível em: <<http://tncweeds.ucdavis.edu/products/handbook/16.Imazapic.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2009.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M.; JUNIOR GENRO, S. A. Persistência do herbicida imazethapyr na lâmina de água em diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005. p. 560-562.

MILLS, J. A. ; WITT, W. W. Efficacy, phytotoxicity and persistence of imazaquin, imazethapyr and clomazone in no-till double-crop soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Ithaca, v. 37, p. 353-359, 1989.

NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; MALBURG, L.C.; PINHEIRO, G.F.; RODRIGUES, J.M. Atividade residual de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas em dois tipos de solo em arroz irrigado, sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 367-368.

PINTO, J.J.O.; NOLDIN, J.A.; ROSENTHAL, M.D'A. Avaliação da atividade residual em solo da mistura formulada com os herbicidas imazapic + imazethapyr, para a cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 307-309.



**Circular  
Técnica, 127**

*Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento*

**GOVERNO  
FEDERAL**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

**Endereço:** BR 392, Km 78, Caixa Postal 403  
Pelotas, RS - CEP 96010-971

**Fone:** (0xx53) 3275-8100

**Fax:** (0xx53) 3275-8221

**E-mail:** [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
[sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

**1ª edição**

1ª impressão (2011) 30 cópias

**Comitê de  
publicações**

**Presidente:** Ariano Martins de Magalhães  
Júnior

**Secretária- Executiva:** Joseane Mary Lopes  
Garcia

**Membros:** Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid  
Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de  
Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane  
Rodrigues Congro Bertoldi, Regina das Graças  
Vasconcelos dos Santos, Isabel Helena Vernetti  
Azambuja, Beatriz Marti Emygdio.

**Expediente**

**Supervisor editorial:** Antônio Luiz Oliveira Heberlé

**Revisão de texto:** Bárbara Chevallier Cosenza

**Editoração eletrônica:** Juliane Nachtigall (estagiária)